

540, 226

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. Juli 2004 (15.07.2004)

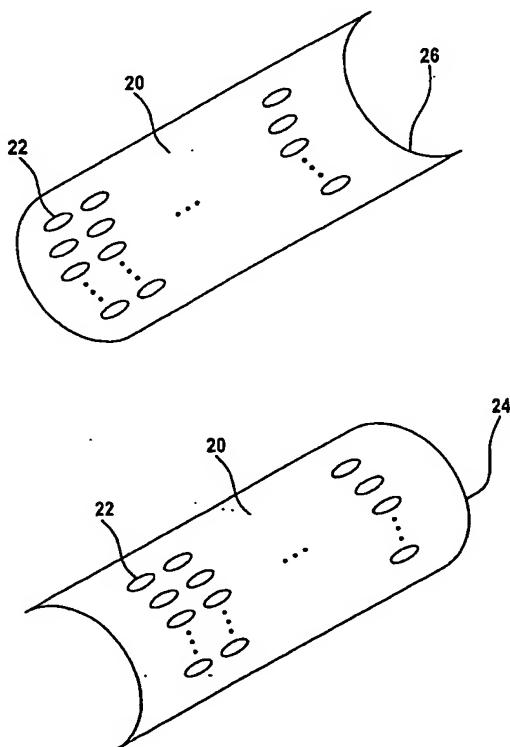
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/058430 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B22D**
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE2003/003917**
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
26. November 2003 (26.11.2003)
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:  
102 60 535.1 21. Dezember 2002 (21.12.2002) **DE**
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **MTU AERO ENGINES GMBH [DE/DE];**  
Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **STEINHAUSER, Ludwig [DE/DE];** Lusstrasse 18, 82216 Maisach (DE).
- (74) Anwälte: **SÖLLNER, Oliver** usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IPM - C 106, 70546 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): **GB, US.**
- Veröffentlicht:  
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING HEAT EXCHANGER TUBES, WHICH CONSIST OF HALF TUBES OR COMPLETE TUBES AND WHICH ARE PROVIDED FOR A RECUPERATIVE EXHAUST GAS HEAT EXCHANGER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON AUS HALBROHREN ODER ROHREN BESTEHENDEN WÄRMETAUSCHERROHREN FÜR REKUPERATIV-ABGASWÄRMETAUSCHER



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing half tubes (24, 26) or complete tubes and of a recuperative exhaust gas heat exchanger (10) involving the use of an investment casting process. The half tubes (24, 26)/complete tubes, which are made of a high-temperature resisting metallic material, have a multitude of ellipsoidal openings (22) that pass through the tubes' lateral surfaces (20).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Halbrohren (24, 26) oder/ Rohren eines Rekuperativ-Abgaswärmetauschers (10) unter Verwendung des Feingussverfahrens, wobei die aus einem hochwarmfesten metallischen Werkstoff bestehenden Halbrohre (24, 26)/Rohre eine Vielzahl von ihre Mantelfläche (20) durchdringende ellipsenförmige Öffnungen (22) aufweisen.

WO 2004/058430 A2

## **Verfahren zur Herstellung von aus Halbrohren oder Rohren bestehenden Wärmetauscherrohren für Rekuperativ-Abgaswärmetauscher**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Halbrohren oder Rohren mit einer Vielzahl von deren Mantelfläche durchdringenden Öffnungen aus einem metallischen, hochwarmfesten Werkstoff zur Bereitstellung von Wärmetauscherrohren für Rekuperativ-Abgaswärmetauscher sowie Halbrohre/Rohre nach diesem Verfahren.

Die in Gasturbinentriebwerken eingesetzten Rekuperativ-Abgaswärmetauscher umfassen bekanntlich neben einem Wärmetauschergehäuse im Wesentlichen ein Verteilerrohr zur Zuführung der von einem Verdichter geförderten "kalten" Luft in eine vom heißen Turbinenabgas umströmte so genannte Kreuz-Gegenstrom-Matrix und ein Sammelrohr zur Abführung der nun aufgeheizten "heißen" Verdichterluft zu einem geeigneten Verbraucher, z. B. der Brennkammer des Gasturbinentriebwerks. Nachfolgend werden das Verteiler- als auch das Sammelrohr vereinfachend auch als Wärmetauscherrohr bezeichnet.

Die Zuführung der Luft vom Verteilerrohr in die Kreuz-Gegenstrom-Matrix bzw. die Abführung der Luft von der Kreuz-Gegenstrom-Matrix in das Sammelrohr erfolgt über eine Vielzahl von in die Mantelfläche der Wärmetauscherrohre eingebrachten Öffnungen.

Die Kreuz-Gegenstrom-Matrix umfasst ihrerseits eine Vielzahl von zu einem Rohrbündel zusammengefassten ellipsenförmigen Lanzetten oder Röhrchen. Das Rohrbündel ist an den parallel angeordneten Wärmetauscherrohren seitlich, u-förmig auskragend angeordnet, wobei die Enden eines jeden Röhrchens des Rohrbündels jeweils mit einem in die Mantelfläche der Wärmetauscherrohre eingebrachten Öffnung korrespondieren. Um den gewünschten Durchsatz erzielen zu können, sind eine Vielzahl von Lanzetten und somit eine Vielzahl von Öffnungen/Löcher in der Mantelfläche der Wärmetauscherrohre erforderlich.

Die aus einem hochwarmfesten Werkstoff bestehenden Wärmetauscherrohre sind bisher aus geschmiedeten Halbrohren zusammengesetzt. Das Zusammenfügen zweier Halbrohre

zu einem Wärmetauscherrohr erfolgt durch Schweißen, das Anbringen der Lanzetten an die Wärmetauscherrohre erfolgt mittels Hochtemperaturlöten.

Nach einer typischen Ausführungsform eines die Maße 500mm Länge, 62,5mm Halbdurchmesser aufweisenden Halbrohrs sind an 19 Umfangspositionen Lochreihen mit jeweils 184 Öffnungen vorgesehen, so dass sich pro Halbrohr insgesamt 3.496 Öffnungen in der Mantelfläche ergeben. Für die Herstellung der Wärmetauscherrohre eines Rekuperativ-Abgaswärmetauschers aus Halbrohren sind somit  $4 \times 3.496 = 13.984$  Löcher/Öffnungen in der Mantelfläche der Halbrohre erforderlich.

Das Einbringen einer solchen Vielzahl von Öffnungen in die Mantelfläche der geschmiedeten Halbrohre erweist sich als äußerst kosten- und zeitintensiv.

So erfolgt bisher das Einbringen der Öffnungen in die Mantelfläche der Halbrohre mittels Funkenerosion (EDM = Electro-Discharge-Machining). EDM ist ein bekanntes Verfahren zum Erzeugen von Löchern oder anderen Öffnungen in Metallen. Das Verfahrensprinzip, nämlich das thermische Abtragen kleiner Volumina durch die hohe Leistungsdichte eines lokal im flüssigen Dielektrikum durchbrechenden Lichtbogens auf der Anode (Werkstück), bedingt ein Aufschmelzen des Werkstoffs in mikroskopischen Dimensionen.

Neben den hohen Kosten hat das EDM-Verfahren einen weiteren Nachteil. Aufgrund der verfahrensbedingten Vorgehensweise beim Einbringen der Öffnungen in die Mantelfläche der Wärmetauscherrohre ergeben sich im Bereich der Lochwände auf den Werkstücken wiedererstarnte Schichten, die sogenannte Recast-Layer. Diese sind vor dem nachfolgend durchzuführenden Hochtemperaturlöten für das Einlöten der Lanzetten in die Halbrohre zu beseitigen, was sich als nachteilig und schwierig erweist. Die für das Hochtemperaturlöten geforderten engen Lötspalte und geringen Toleranzen ( $\pm 0,05\text{mm}$ ) sind bei vorhandener Recast-Layer aus Wirtschaftlichkeitsgründen (langsame feine Bearbeitungsstufe erforderlich) häufig nicht zu erreichen.

Elektrochemisches Bearbeiten (ECM = electrochemical machining) ist eine andere Option zum Erzeugen der Öffnungen in der Mantelfläche der Halbrohre. Dieses Verfahren erfordert jedoch hohe Kosten für Aufbau und Werkzeug und hat kapitalintensive Ausrüstungskosten.

Außerdem ist das Elektrolyt bei diesem Verfahren typischerweise ein Oxidationsmittel, beispielsweise Natriumnitrat oder Natriumchlorat, ein Gesundheits- und Sicherheitsrisiko, und die Nebenprodukte des Verfahrens sind als gefährlicher Abfall klassifiziert.

Zusammenfassend bedeutet dies, dass das Einbringen der Öffnungen in die Mantelfläche der geschmiedeten Halbrohre technologisch, terminlich und kostenmäßig einen risikoreichen Pfad in der Herstellung des gesamten Rekuperativ-Abgaswärmetauschers darstellt.

Aufgabe der Erfindung ist es, hier Abhilfe durch ein Verfahren zur Herstellung von solchen Halbrohren oder Rohren mit einer Vielzahl von deren Mantelfläche durchdringenden Öffnungen aus einem metallischen, hochwarmfesten Werkstoff zu schaffen, das ohne die Nachteile der bisher angewendeten Verfahren ist.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Halbrohre oder Rohre unter Anwendung eines Feingussverfahrens als hochpräzise Feingussteile hergestellt werden.

Ein solches Feingussverfahren hat den Vorteil, dass es hohe Reproduzierbarkeit mit gleichbleibend hoher Qualität mit geringen Herstellungskosten vereinbart.

Um Reaktionen der Schmelze mit umgebenden Gasen wie Sauerstoff, Stickstoff oder Wasserstoff zu vermeiden erfolgt zumindest das Abgießen der Schmelze in die Formschale ohne reaktive Gase, insbesondere unter Vakuum, Inertgas-Atmosphäre oder ähnliches.

Damit auch enge Querschnitte und feine Konturen sauber "auslaufen" erfolgt das Abgießen der Schmelze in heiße Formschalen unter Anwendung von Vakuum oder Inertgas-Überdruck.

Vorzugsweise wird als hochwarmfester Werkstoff für das Feinvergussverfahren eine Nickel-Basis-Legierung, insbesondere IN 625, verwendet.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der nach dem Verfahren hergestellten Halbrohre oder Rohre sind die die Mantelfläche durchdringenden Öffnungen ellipsenförmig ausge-

bildet. Der Halbdurchmesser der Halbrohre/Rohre ist 62,5 oder 37,5 mm, die Länge der Halbrohre beträgt 500 mm oder 750-900 mm.

Die erfindungsgemäße Anwendung eines an sich bekannten Feingussverfahren zur Herstellung von Wärmetauscherrohren aus Halbrohren oder Rohren ermöglicht erstmals eine kostengünstige, schnelle und qualitativ hochwertige Herstellung solcher Rohrkomponenten.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines in der Zeichnung mehr oder minder schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1            den prinzipiellen Aufbau eines Rekuperativ-Abgaswärmetauschers,

Fig. 2            eine detaillierte Ansicht eines Wärmetauscherrohrs und

Fig. 3            den Aufbau des Wärmetauscherrohrs gemäß Fig. 2 aus Halbrohren.

Ein in Fig. 1 insgesamt mit der Bezugsziffer 10 bezeichneter Rekuperativ-Abgaswärmetauscher eines hier nicht dargestellten Gasturbinenriebwerks umfasst im wesentlichen ein Verteilerrohr 12, ein parallel dazu angeordnetes Sammelrohr 14 sowie eine hierzu seitlich, U-förmig auskragende Kreuz-Gegenstrom-Matrix 16. Verteilerrohr 12 und Sammelrohr 14 werden im weiteren Verlauf vereinfacht als Wärmetauscherrohre bezeichnet.

Aus der in Fig. 1 unten links angeordneten Schnittdarstellung der Kreuz-Gegenstrom-Matrix 16 ist zu entnehmen, dass die Kreuz-Gegenstrom-Matrix 16 eine Vielzahl von ellipsenförmigen Röhrchen bzw. Lanzetten 18 aufweist. Die Lanzetten 18 sind jeweils am Verteiler- und Sammelrohr 12, 14 befestigt. Sie korrespondieren mit den hierfür in die Mantelfläche von Verteiler- und Sammelrohr 12, 14 eingebrachten, in dieser Darstellung nicht sichtbaren, Öffnungen/Löcher 22, vgl. Fig. 2.

Die Wirkungsweise des vorstehend beschriebenen Rekuperativ-Abgaswärmetauschers ist die folgende:

Dem Verteilerrohr 12 wird von einem Verdichter gemäß dem Pfeil D kalte Druckluft zugeführt. Die kalte Druckluft strömt vom Sammelrohr 12 über die in die Mantelfläche eingebrachten Öffnungen/Locher in die seitlich, u-förmig auskragende Kreuz-Gegenstrom-Matrix 16. Durch die Umströmung der Kreuz-Gegenstrom-Matrix 16 mit dem heißen Turbinenabgas H erfolgt eine Aufheizung der kalten Verdichterluft. Nach Durchströmung der Kreuz-Gegenstrom-Matrix 16 und Zuführung in das Sammelrohr 14 wird die nun aufgeheizte Luft gemäß dem Pfeil D' einem geeigneten Verbraucher, z. B. der Brennkammer zugeführt.

Fig. 2 zeigt in vergrößerter Darstellung eine Detailansicht eines belochten Wärmetauscherrohrs 12/14 des Rekuperativ-Abgaswärmetauschers 10. Das Wärmetauscherrohr 12/14 weist eine Vielzahl von dessen Mantelfläche 20 durchdringende Öffnungen 22 auf. Die Öffnungen 22 sind ellipsenförmig ausgebildet. Von dieser Vielzahl von Öffnungen 22 in der Mantelfläche 20 sind aus Gründen der Übersichtlichkeit hier nur einige der die Mantelfläche 20 des Wärmetauscherrohrs 12/14 durchdringende Öffnungen 22 dargestellt. Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass pro Halbrohr mit den Abmaßen 500 mm Länge, 62,5 mm Halbdurchmesser an 19 Umfangspositionen 184 Lochreihen, also 3.496 Öffnungen 22, vorgesehen sind. Somit ergeben sich pro Wärmetauscherrohr 12/14 insgesamt  $2 \times 3.496 = 6.992$  die Mantelfläche 20 durchdringende Öffnungen 22.

Das Wärmetauscherrohr 12/14 ist, wie Fig. 3 zeigt, in diesem Beispiel aus einem ersten Halbrohr 24 und einem zweiten Halbrohr 26 zusammengesetzt. Das Zusammenfügen der beiden Halbrohre 24, 26 erfolgt durch Schmelzschweißen, das Anbringen der Lanzetten erfolgt in bekannter Weise mittels Hochtemperaturlöten.

Die Herstellung der Halbrohre 24, 26 mittels eines an sich bekannten Feingussverfahrens wird nunmehr im einzelnen beschrieben, wobei die Verfahrensschritte – mit Ausnahme des Zusammensetzens der Halbrohre – in gleicher Weise auch für die Herstellung eines Rohres, d.h. eines Vollrohres, gelten.

In einem ersten Verfahrensschritt wird hierzu zunächst ein durch Hitze zerstörbares feinstrukturiertes, maßgenaues Modell der Halbrohre 24, 26 einschließlich der die Mantelfläche

20 durchdringenden Öffnungen 22 hergestellt. Als Modellwerkstoff wird hierzu Wachs verwendet.

Das Wachsmoell inklusive Angussystem aus Wachs erhält durch Eintauchen in keramische Überzugsmassen und durch anschließendes Besanden mit Gusschalenkeramik eine Formschale. Um die Stabilität der Formschale zu gewährleisten wird der automatisierte Prozess des Eintauchens und anschließenden Besandens mehrmals wiederholt.

Nach dem Ausschmelzen des Modells, vorzugsweise im Autoklaven mit Heißdampf, werden die so entstandenen, einteiligen Formschalen gebrannt, wodurch diese ihre Feuerfestigkeit erhalten. Anschließend erfolgt das Gießen der Schmelze in heiße Formschalen unter Anwendung von Vakuum oder Überdruck mit Inertgas.

Damit wird sichergestellt, dass auch die engen Querschnitte zwischen zwei Öffnungen 22 in der Mantelfläche 20 eines Halbrohrs 24, 26 sauber "auslaufen". Das Erschmelzen und Gießen des Halbrohrwerkstoffes erfolgt unter Hochvakuum. Als Werkstoff wird eine Nickel-Basislegierung mit der Normbezeichnung IN 625 (INCONEL) verwendet.

Die gegossenen Halbrohre 24, 26 sind anschließend zu putzen, wobei auch die Angüsse zu entfernen sind. Für die Fertigstellung der Halbrohre 24, 26 ist ggf. in einem letzten Arbeitsschritt noch eine Nachbearbeitung der Mantelfläche 20 durchdringenden Öffnungen 22 durch Strahlen mit erosiven Strahlmitteln oder durch eine „Schlichtoperation“ mittels EDM (EDM=Electro-Discharge-Machining) notwendig. Aufgrund der hohen Güte und knappen Toleranzen des angewendeten Feingussverfahrens ist hierfür nur eine geringe Bearbeitungszeit notwendig. Die bisher beim Erzeugen der Öffnungen durch EDM entstehenden Recast-Layer können stark minimiert werden und daher unberücksichtigt bleiben, da diese infolge der geringen Bearbeitungsdauer vernachlässigbar dünn/klein sind.

Das Zusammensetzen zweier solcher Halbrohre 24, 26 zu einem Wärmetauscherrohr 12/14 erfolgt über ein ebenfalls bekanntes Schmelzschweißverfahren. Die Einbringung der Lanzetten aus IN 625 in die ellipsenförmigen Durchbrüche erfolgt nach möglichst automatischer Montage und Belotung mit Lotpaste durch Vakuum-Hochtemperaturlöten.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Halbrohren (24, 26) oder Rohren mit einer Vielzahl von deren Mantelfläche (20) durchdringenden Öffnungen (22) aus einem metallischen, hochwarmfesten Werkstoff zur Bereitstellung von Wärmetauscherrohren für Rekuperativ-Abgaswärmetauscher unter Verwendung eines Feingussverfahrens
2. Verfahren nach Anspruch 1 mit folgenden Verfahrensschritte:
  - Erzeugen je eines/eines durch Hitze zerstörbaren Modells der Halbrohre (24, 26) / des Rohres
  - Erzeugen von Formschalen/einer Formschale durch Komplettieren mit einem üblichen Angusssystem und Eintauchen der Modelle/des Modells in keramische Überzugsmassen und Besanden mit Gusschalenkeramik (in mehreren Zyklen abwechselnd)
  - Ausschmelzen der Modelle/des Modells aus den Formschalen/der Formschale, z.B. im Autoklaven
  - Aushärten der Formschalen/der Formschale durch Brennen
  - Herstellung einer Schmelze aus dem metallischen, hochwarmfesten Werkstoff
  - Abgießen der Schmelze in die Formschalen/die Formschale unter Verwendung von Vakuum oder Inertgas-Überdruck
  - Nach Erstarren der Schmelze Ausformen der Halbrohre/des Rohres durch Zerstörung der Formschalen/der Formschale



- Putzen der Halbrohre (24, 26)/des Rohres und Entfernen der Angüsse/des Angusses
  - Bei Bedarf Nachbehandlung der die Mantelfläche (20) der Halbrohre (24, 26)/des Rohres durchdringenden Öffnungen (22) durch Funkenerosion (EDM=Electro-Discharge-Machining) oder Strahlen mit abrasiven Strahlmitteln
  - Im Falle der Halbrohre: Zusammenfügen zweier Halbrohre (24, 26) mittels Hochtemperaturlöten oder Schmelzschiweißen zu einem Wärmetauscherrohr (12, 14).
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Modellwerkstoff Wachs verwendet wird.
  4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest das Abgießen der Schmelze in die Formschale ohne reaktive Gase, insbesondere unter Vakuum, Inertgas-Atmosphäre oder ähnliches, erfolgt.
  5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schmelze in heiße Formschalen gegossen wird.
  6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als hochwarmfester Werkstoff für das Feinvergussverfahren eine Nickel-Basis-Legierung, insbesondere IN 625, verwendet wird.
  7. Nach dem Verfahren gemäß der Ansprüche 1 bis 5 hergestellte Halbrohre (24, 26)/Rohre **dadurch gekennzeichnet**, dass die die Mantelfläche (20) der Halbrohre (24, 26)/Rohre durchdringenden Öffnungen (22) ellipsenförmig ausgebildet sind.

8. Halbrohre/Rohre nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Länge der Halbrohre (24, 26)/Rohre 500mm bei einem Halbdurchmesser von 62,50 mm beträgt, oder dass die Länge der Halbrohre (24,26)/Rohre 750-900 mm bei einem Halbdurchmesser von 37,50 mm beträgt.

1/3

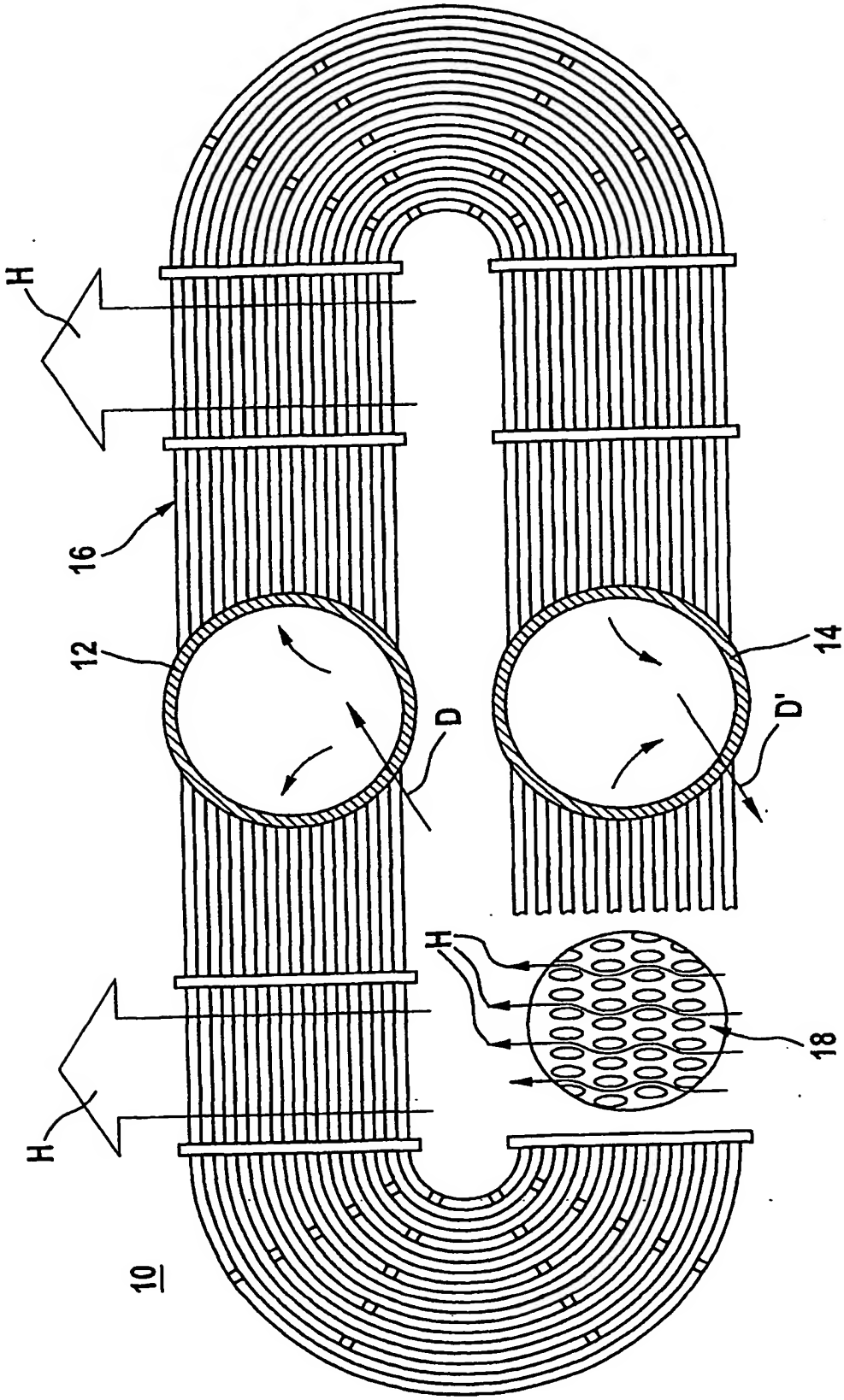


Fig. 1

2/3

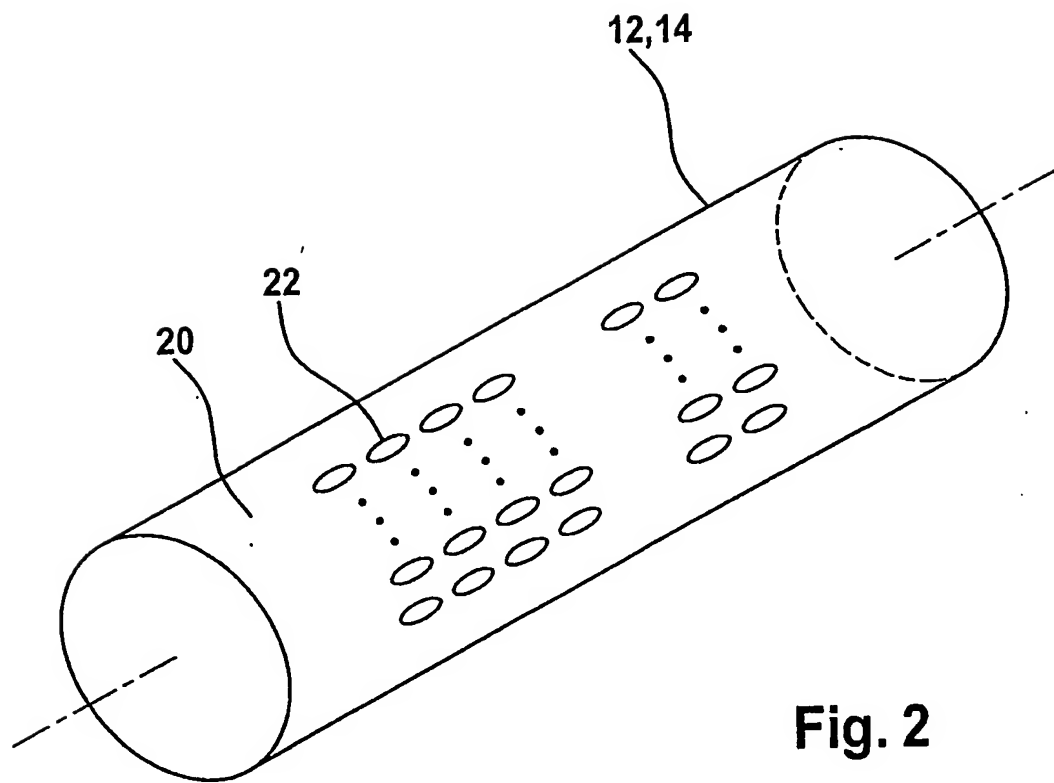


Fig. 2

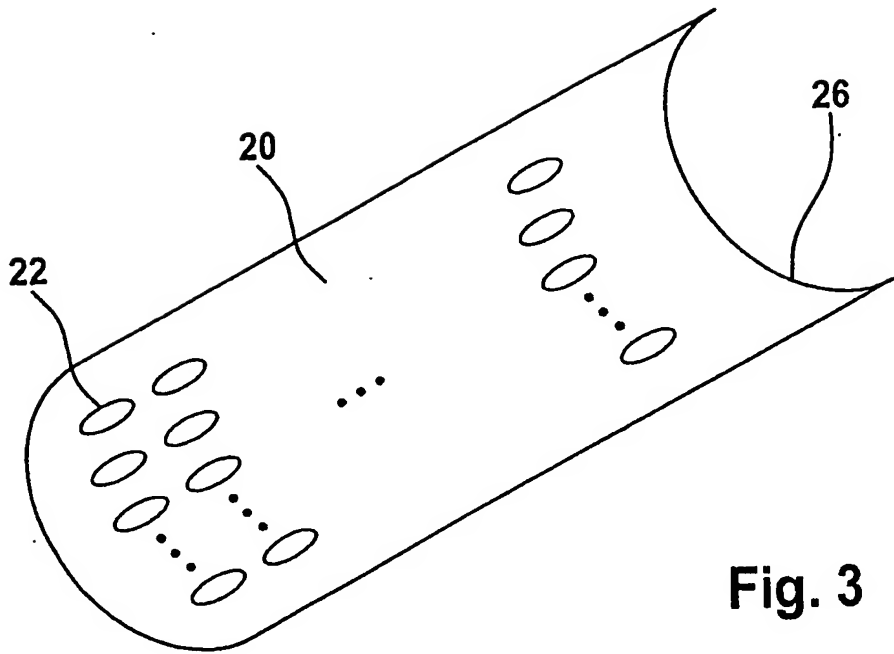
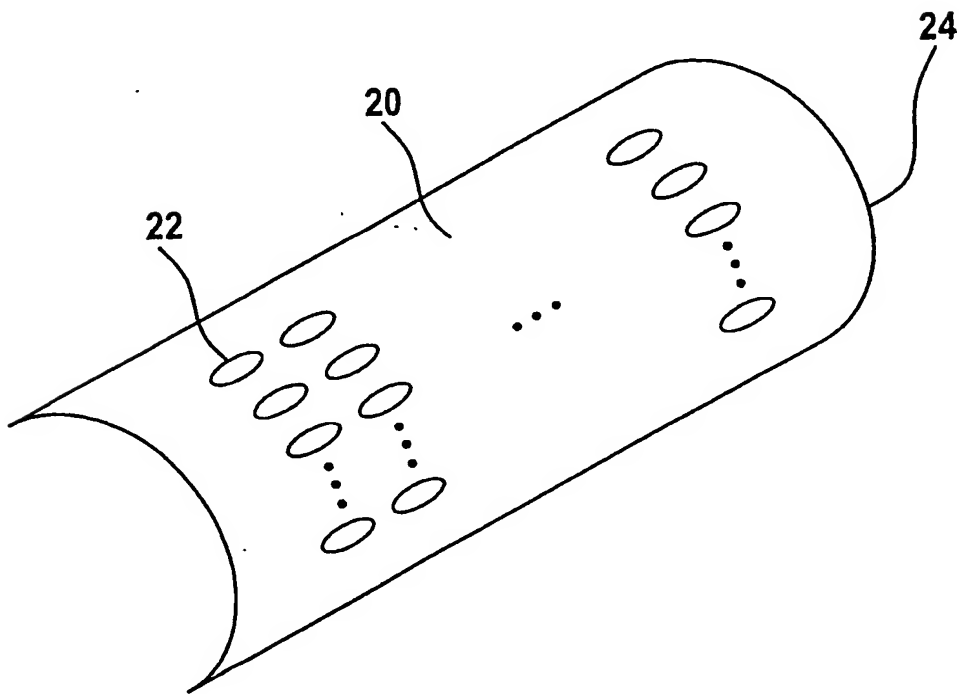


Fig. 3



(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. Juli 2004 (15.07.2004)

PCT

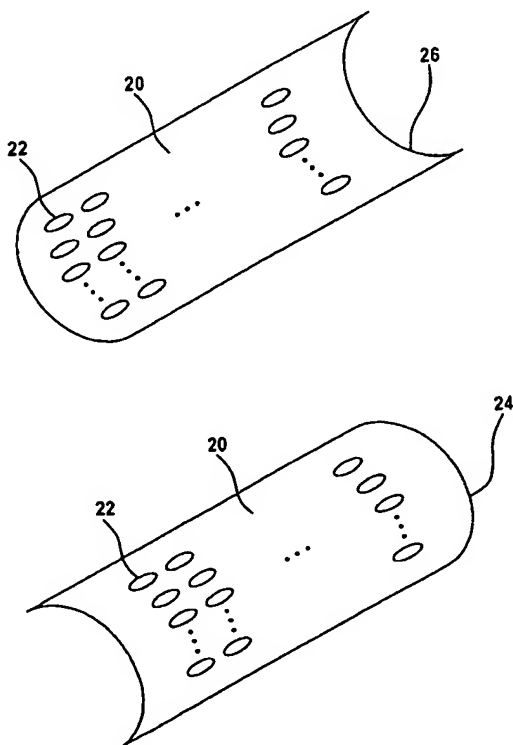
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/058430 A3**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B22C 9/04, 7/02** (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): STEINHAUSER, Ludwig [DE/DE]; Lusstrasse 18, 82216 Maisach (DE).  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003917  
(22) Internationales Anmeldedatum: 26. November 2003 (26.11.2003) (74) Anwälte: SÖLLNER, Oliver usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IPM - C 106, 70546 Stuttgart (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (*national*): GB, US.  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht  
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen  
(30) Angaben zur Priorität: 102 60 535.1 21. Dezember 2002 (21.12.2002) DE  
(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): MTU AERO ENGINES GMBH [DE/DE]; Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE). (88) Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts: 14. Oktober 2004

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING HEAT EXCHANGER TUBES, WHICH CONSIST OF HALF TUBES OR COMPLETE TUBES AND WHICH ARE PROVIDED FOR A RECUPERATIVE EXHAUST GAS HEAT EXCHANGER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON AUS HALBROHREN ODER ROHREN BESTEHENDEN WÄRMETAUSCHERROHREN FÜR REKUPERATIV-ABGASWÄRMETAUSCHER



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing half tubes (24, 26) or complete tubes and of a recuperative exhaust gas heat exchanger (10) involving the use of an investment casting process. The half tubes (24, 26)/complete tubes, which are made of a high-temperature resisting metallic material, have a multitude of ellipsoidal openings (22) that pass through the tubes' lateral surfaces (20).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Halbrohren (24, 26) oder/ Rohren eines Rekuperativ-Abgaswärmetauschers (10) unter Verwendung des Feingussverfahrens, wobei die aus einem hochwarmfesten metallischen Werkstoff bestehenden Halbrohre (24, 26)/Rohre eine Vielzahl von ihre Mantelfläche (20) durchdringende ellipsenförmige Öffnungen (22) aufweisen.

WO 2004/058430 A3



---

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No.  
PC 03/03917

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 B22C9/04 B22C7/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 B22C B22D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 13, 30 November 1999 (1999-11-30) & JP 11 221650 A (KOJIMA NORIATSU), 17 August 1999 (1999-08-17) abstract	1-8
Y	US 4 321 010 A (WILKINSON WILFRED H ET AL) 23 March 1982 (1982-03-23) claims; figures	1-7
Y	EP 0 331 026 A (MOTOREN TURBINEN UNION) 6 September 1989 (1989-09-06) the whole document	8



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 August 2004

Date of mailing of the international search report

23/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hodiamont, S



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

on patent family members

International Application No

PCT/JP03/03917

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 11221650	A	17-08-1999	JP 3200684 B2	20-08-2001
US 4321010	A	23-03-1982	DE 2932940 A1	21-02-1980
			FR 2433639 A1	14-03-1980
			GB 2028928 A ,B	12-03-1980
			IT 1122707 B	23-04-1986
			JP 1329480 C	30-07-1986
			JP 55029099 A	01-03-1980
			JP 60050963 B	11-11-1985
			JP 59113205 A	29-06-1984
			US 4421153 A	20-12-1983
EP 0331026	A	06-09-1989	DE 3807055 A1	14-09-1989
			DE 58901445 D1	25-06-1992
			EP 0331026 A2	06-09-1989
			JP 1317676 A	22-12-1989

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/SA/210 03/03917

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 IPK 7 B22C9/04 B22C7/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 7 B22C B22D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1999, Nr. 13, 30. November 1999 (1999-11-30) & JP 11 221650 A (KOJIMA NORIATSU), 17. August 1999 (1999-08-17) Zusammenfassung	1-8
Y	US 4 321 010 A (WILKINSON WILFRED H ET AL) 23. März 1982 (1982-03-23) Ansprüche; Abbildungen	1-7
Y	EP 0 331 026 A (MOTOREN TURBINEN UNION) 6. September 1989 (1989-09-06) das ganze Dokument	8



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*g\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

17. August 2004

Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts

23/08/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hodiamont, S

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung und Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/JP03/03917

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 11221650	A	17-08-1999	JP	3200684 B2	20-08-2001
US 4321010	A	23-03-1982	DE	2932940 A1	21-02-1980
			FR	2433639 A1	14-03-1980
			GB	2028928 A , B	12-03-1980
			IT	1122707 B	23-04-1986
			JP	1329480 C	30-07-1986
			JP	55029099 A	01-03-1980
			JP	60050963 B	11-11-1985
			JP	59113205 A	29-06-1984
			US	4421153 A	20-12-1983
EP 0331026	A	06-09-1989	DE	3807055 A1	14-09-1989
			DE	58901445 D1	25-06-1992
			EP	0331026 A2	06-09-1989
			JP	1317676 A	22-12-1989